

ARRHYMON: ALAT MONITORING IRAMA JANTUNG PORTABEL UNTUK PENDERITA GANGGUAN ARITMIA JANTUNG

Denny Arief Kurnia^{1*}, Henry Hermawan¹

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya, Raya Kalirungkut
Surabaya

*corresponding author: dennyarief4601@gmail.com

Abstrak – Dalam dunia medis, aritmia biasanya dapat didiagnosa dengan menggunakan alat elektrokardiograf (EKG) atau *monitor holter*. Namun permasalahan yang sering dialami pasien aritmia jika menggunakan alat tersebut ialah kurang cepatnya penanganan medis apabila gejala palpitasi tiba-tiba muncul di saat pasien menjalani aktivitas sehari-hari, sehingga seringkali dokter memerlukan alat yang dapat melihat irama jantung pasiennya pada saat palpitasi tersebut. Maka dari itu, dalam kegiatan ini ingin dirancang alat bernama “ArrhyMon”, yang dapat memantau irama jantung untuk penderita gangguan aritmia, yang lebih murah dan cepat dalam memantau irama jantung. Selain itu, alat ini juga dapat dibawa kemana-mana (Portabel), sehingga meningkatkan kenyamanan pasien untuk membawa dan menggunakannya. ArrhyMon dibuat memanfaatkan modul sensor EKG, mikrokontroler dan bluetooth agar dalam pembuatannya tidak terlalu menggunakan banyak bahan sehingga mampu menekan biaya pembuatannya. Selain itu, ArrhyMon menggunakan aplikasi android untuk menampilkan hasil sinyal jantung yang dikeluarkan. Hasil yang ditampilkan adalah sinyal PQRST jantung yang dapat dibandingkan dengan sinyal EKG secara umum.

Kata kunci: ArrhyMon, EKG, portabel, bluetooth, mikrokontroler, aritmia, jantung

Abstract – In medical, arrhythmia can be diagnosis using an electrocardiograph (ECG) or *monitor holter*. The problem that often occurs in patients when using these tools is the medical treatment discrepancy from the facts of sudden palpitations appearing when patients carry out daily activities, allowing doctors to look back at the patient at the time of the palpitations. In addition, other problems can affect patients, even most hospitals only rent the equipment to their patients. Therefore, in this activity want to design a tool called “ArrhyMon”, which can help to overcome the disorder, which is better and faster in monitoring the heart rhythm. In addition, this tool can also be carried everywhere (Portable), increasing patient comfort to carry and use. The components of making ArrhyMon is ECG sensor modules, microcontrollers and bluetooth, so that in the making does not use large materials that can make the cost. In addition, ArrhyMon uses the android application to display the ECG signal. The result is a PQRST signal that can be compared with an ECG signal in general.

Keywords: ArrhyMon, ECG, portable, bluetooth, microcontroller, arrhythmia, human heart, palpitations

PENDAHULUAN

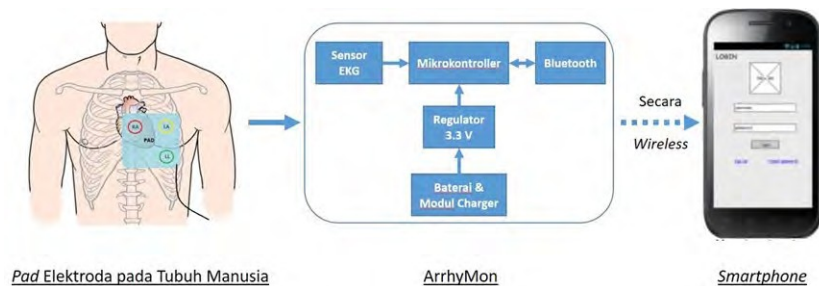
Dalam keadaan normal, jantung manusia dapat berdenyut dengan irama yang teratur, yaitu 60-100 kali/menit. Jantung manusia juga dapat berdenyut dengan irama yang tidak beraturan, bisa terlalu cepat, bahkan terlalu lambat. Irama tersebut dinamakan aritmia. Istilah aritmia sendiri merujuk kepada setiap gangguan frekuensi, regularitas lokasi asal, atau konduksi impuls listrik jantung [1]. Aritmia seringkali menampilkan suatu gejala yang berbahaya bagi penderitanya. Pasien dapat merasakan sensasi jantung yang berdetak dengan kuat, cepat, atau tidak beraturan, dan biasanya berlangsung selama 5 sampai 10 menit. Gejala tersebut dinamakan palpitasi [2].

Dalam dunia medis, aritmia biasanya dapat didiagnosa dengan menggunakan *monitor holter*. Namun agar dapat mengenali aritmia dengan tepat dan cepat, khususnya pada saat pasien mengalami gejala palpitasi, seringkali dokter memerlukan alat yang dapat melihat irama jantung pasiennya dalam periode waktu tertentu. Oleh sebab itu, permasalahan yang sering dialami ialah kurang cepatnya data sinyal EKG yang diterima dokter dari suatu alat *monitoring* jantung untuk penanganan medis apabila gejala palpitasi tiba-tiba muncul di saat pasien menjalani aktivitas sehari-hari. Selain itu, permasalahan lain yang sering muncul pada pasien ialah harga suatu alat untuk merekam irama jantung relatif mahal, bahkan sebagian besar rumah sakit hanya menyewakan alat tersebut ke pasiennya. Permasalahan lain yang sering menyulitkan pasien ialah untuk merekam sinyal EKG jantung pasien terkadang harus rutin melakukan *monitoring* langsung ke rumah sakit, di mana hal tersebut sangat memakan waktu pasien.

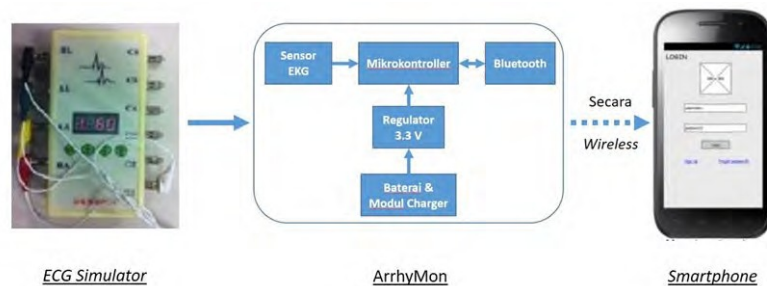
Maka dari itu, dalam tugas akhir ini ingin dirancang suatu alat bernama "ArrhyMon", yang dapat menyelesaikan semua masalah tersebut. ArrhyMon memiliki beberapa keandalan yaitu praktis dapat dibawa ke mana-mana (portabel), proses *monitoring* jantung yang cepat, dan harganya yang ekonomis. Oleh karena itu, pasien tidak perlu repot-repot datang ke rumah sakit untuk *monitoring* sinyal jantungnya. Dokter dalam menerima data sinyal EKG jantung pasien juga dapat cepat, sehingga penanganan medis pada pasien yang terkena gejala aritmia dapat segera dilakukan. Selain itu, dengan harga yang ekonomis, semua pasien aritmia dari semua kalangan dapat menggunakan ArrhyMon tanpa mengeluarkan dana yang besar.

METODE PENELITIAN

Pada alat ini, terdiri 3 bagian modul penting yang bekerja di dalamnya, yaitu komponen pertama *Analog Front End*, berfungsi untuk menangkap sinyal jantung listrik yang bersifat analog yang nantinya akan dikonversi menjadi digital. Komponen kedua ialah modul *Bluetooth*, yang berfungsi untuk mengirim data sinyal analog ke *smartphone* atau *interface* lain secara nirkabel. Komponen ketiga ialah mikrokontroler, berfungsi yaitu pengontrol rangkaian, sebagai pengkonversi sinyal analog menjadi digital (ADC) dan pengontrol bluetooth sebagai sarana komunikasi antara ArrhyMon dengan *smartphone* atau *interface* lain.



Gambar 1. Konsep Desain Secara Garis Besar Pada Tubuh Manusia

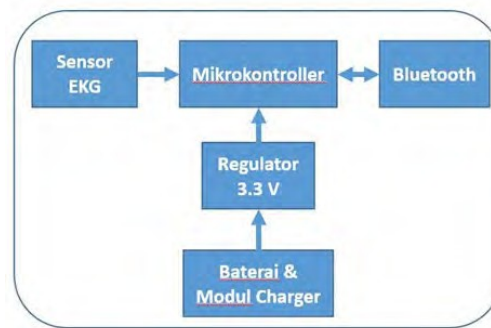


Gambar 2. Konsep Desain Secara Garis Besar Menggunakan ECG Patient Simulator

ArrhyMon menggunakan modul sensor EKG untuk menangkap sinyal jantung *lead 1* pada tubuh manusia dan menggunakan *ECG Patient Simulator* sebagai alat simulasi pasien untuk mengeluarkan sinyal EKG jantung, serta menggunakan modul bluetooth untuk mengirim sinyal jantung ke *smartphone*. ArrhyMon juga dilengkapi dengan *pad* elektroda, serta dicatu dengan baterai *lithium 3,7v* yang dapat diisi ulang menggunakan modul charger. Penjelasan tersebut seperti diagram garis besar pada Gambar 1 dan Gambar 2.

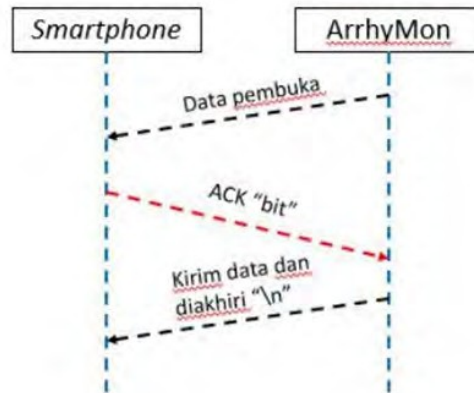
Tahap perancangan ArrhyMon yang pertama yaitu mendesain dan merancang rangkaian ArrhyMon yang berisikan *analog front end* (AD8232),

mikrokontroler dan *Bluetooth* (HC-05). Kedua, membuat komunikasi ArrhyMon dengan *smartphone* terhubung melalui *Bluetooth* (HC-05), menggunakan aplikasi pada *smartphone* yang sudah disediakan. Setelah kedua tahap diatas sudah dilakukan, maka dilanjutkan ke tahap ketiga yaitu merancang sambungan *pad elektroda lead 1* untuk ditempelkan pada tubuh dan merancang sambungan untuk ECG *Patient Simulator*. Penjelasan diatas dapat dilihat pada diagram konsep desain ArrhyMon (Gambar 3). Kemudian, merancang serta merakit komponen pendukung, seperti *casing* serta rangkaian daya menggunakan baterai 3.7 V, karena alat ini bersifat portable.



Gambar 3. Konsep Desain ArrhyMon

Perancangan konsep komunikasi untuk proses monitor, dilakukan oleh ArrhyMon dengan *smartphone*. Data yang telah didapatkan oleh ArrhyMon melalui sensor, akan dikirim ke *smartphone*. Proses pengiriman data tersebut akan dijelaskan pada Gambar 4. Prosesnya, data yang ada pada ArrhMon dikirim ke *smartphone*. Proses pengiriman data yang dilakukan antara ArrhyMon dengan *smartphone* dilakukan dengan cara 3 way handshake. Cara 3 way *handshake* dilakukan dengan cara, pertama, data pembuka pada ArrhyMon dikirim ke *smartphone*. Selanjutnya, *smartphone* akan mengirim acknowledge (ACK) jika data pertama berupa data pembuka yang terkirim pertama telah diterima. Kemudian, ArrhyMon akan mengirim data, dan diakhiri dengan data penutup. Data penutup pada Tugas Akhir ini dibuat dengan simbol “\n”. Jika, *smartphone* telah mendapat data dengan akhiran “\n”. Maka, satu paket data yang dikirim oleh ArrhyMon telah terkirim seluruhnya. Data penutup berfungsi sebagai penanda bahwa data telah selesai dikirim.



Gambar 4. Urutan Pengiriman Data Antara ArrhyMon Dengan Smartphone

Dapat dilihat pada Gambar 5., datagram dari pengiriman data *monitoring* pada ArrhyMon, memiliki panjang 6 *byte*, dengan tipe data string. Datagram tersebut berisikan nilai sensor dengan panjang data sebesar 3 atau 5 *byte* dengan tipe data string dan 1 *byte* penutup. Nilai sensor memiliki panjang data 3 atau 5 *byte* dikarenakan, memiliki dua kondisi yaitu kondisi pertama apabila sensor berhasil membaca sinyal EKG, maka hasil nilai sensor yang akan terkirim sebesar 3 *byte* dengan tipe data string. Kondisi kedua apabila sensor tidak membaca adanya sinyal EKG maka, akan terkirim 5 *byte* dengan tipe data string bertuliskan "Gagal".

Nilai Sensor AD8232	Penutup
3 digit angka "nilai sensor" atau 5 digit huruf "Gagal"	\n
3 - 5 bytes string	1 byte
6 bytes (tipe data string)	

Gambar 5. Datagram Pengiriman 1 Paket Data

Case ArrhyMon terbuat dari bahan filament, dimana dicetak menggunakan printer 3D. Case ini berukuran panjang 8 cm, lebar 4 cm dan tebal 2.7 cm. Desain case ArrhyMon dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Case ArrhyMon

Terdapat 4 buah lubang yang tersebar disetiap sisi dari *case* ArrhyMon, lubang yang terdapat pada bagian atas ArrhyMon ialah lubang yang berfungsi untuk indikator led yang berukuran diameter 3 mm. Bagian samping kanan *case* terdapat sebuah lubang berukuran diameter 5 mm yang berfungsi untuk *socket* input dari sensor AD8232. Bagian depan terdapat lubang berbentuk persegi berukuran 1x0.5 cm yang berfungsi untuk *socket* input modul charger. Bagian belakang terdapat lubang kecil berbentuk persegi dimana berfungsi sebagai tempat saklar ON/OFF.

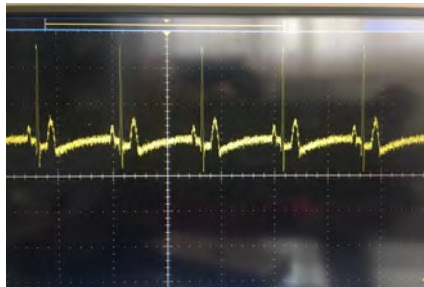
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengujian ini menggunakan 2 metode yaitu verifikasi modul dan validasi sistem yang digunakan. Modul yang akan diverifikasi pada pengujian ini adalah modul sensor EKG AD8232, modul *charger* baterai TP4056 dan modul komunikasi bluetooth HC-05. Sedangkan, sistem yang akan divalidasi adalah sistem *monitoring* yang dilakukan oleh ArrhyMon dan proses penerimaan data oleh *smartphone*, serta sistem catu daya yang ada pada ArrhyMon.

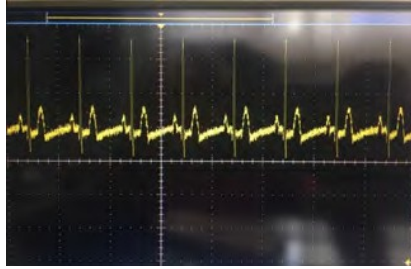
1.1. Verifikasi Modul

1.1.1. Pengujian Sensor EKG

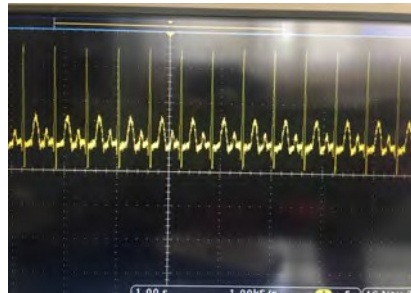
Pada percobaan ini terdapat 3 kali pengambilan data berdasarkan denyut jantung manusia normal, yaitu pada 40 bpm, 60 bpm dan 100 bpm. Ketiga denyut tersebut dapat diatur perubahannya dengan men-setting pengaturan denyut jantung pada ECG simulator dan diukur pada osiloskop yang di-setting dengan $\text{time/div} = 1 \text{ sec}$ dan $\text{volt/div} = 500 \text{ mV}$.



Gambar 7. Sinyal Output Sensor AD8232 dengan Denyut 40 BPM



Gambar 7. Sinyal Output Sensor AD8232 dengan Denyut 60 BPM



Gambar 8. Sinyal Output Sensor AD8232 dengan Denyut 100 BPM

Berdasarkan ketiga gambar diatas, sensor EKG AD8232 dapat digunakan untuk Tugas Akhir ini, karena implementasi pada manusia secara nyata, denyut jantung manusia dapat berubah-ubah kapanpun.

1.1.2. Pengujian Modul *Charger* Baterai

Pada pengujian ini, akan diukur output dari baterai pada kondisi pengisian daya. Proses pengukuran daya baterai dilakukan selama 30 menit setiap 5 menit sekali. Dari data pada Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa waktu pengisian baterai memakan waktu selama 30 menit dengan tegangan pada saat kondisi *full* yaitu 4.20 volt.

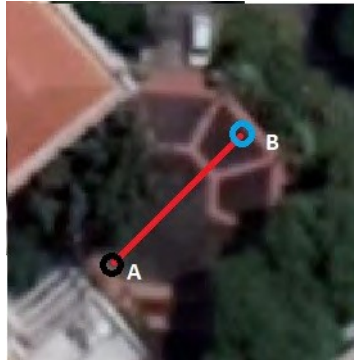
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Tegangan Baterai Pada Saat Pengisian Daya

Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)
0	3.3
5	3.46
10	3.62
15	3.75
20	3.92
25	4.08
30	4.20

1.2. Pengujian Modul Komunikasi Bluetooth

1.2.1. Pengujian Jarak Komunikasi Bluetooth Tanpa Hambatan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil jarak maksimum antar modul komunikasi bluetooth ArrhyMon dan laptop, agar dapat berkomunikasi tanpa adanya hambatan antar modul. Pengujian ini dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Surabaya, tepatnya di lapangan boulevard depan gedung TC.



Gambar 9. Penempatan dan Lokasi Pengujian Jarak Bluetooth tanpa Hambatan

Dari Gambar 9, dilihat bahwa posisi laptop berada pada posisi A sedangkan ArrhyMon pada posisi B. Proses pengujian dilakukan dengan Bergeraknya ArrhyMon setiap 1 meter menjauhi laptop, hingga sejauh 15 meter. Pengujian dilakukan dengan bantuan alat ukur meteran yang dibentangkan sejauh 15 meter dan bantuan Google Maps untuk mengetahui lokasi pengujian.

Tabel 2. Hasil Jarak Bluetooth HC-05 Tanpa Hambatan

Jarak(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tes Ke-															
1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X
2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X
5	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X

Dilihat pada Tabel 2, dapat disimpulkan, pengujian pada jarak 1 meter hingga 10 meter, laptop masih dapat menerima data yang dikirim dari ArrhyMon, namun diatas jarak 10 meter laptop sama sekali tidak bisa menerima data dari ArrhyMon. Dari pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa modul bluetooth yang akan diimplementasikan pada ArrhyMon dapat berjalan dengan baik

dan dikarenakan jarak maksimum yang dapat dicapai ialah 10 meter modul bluetooth dapat digunakan karena masih dalam batas jarak yang ditentukan.

1.2.2. Pengujian Jarak Komunikasi Bluetooth Dengan Hambatan

Pengujian jarak maksimum dengan penghalang dilakukan dengan cara meletakkan laptop di satu titik tetap yaitu terletak di lab IG, sedangkan posisi ArrhyMon yang berpindah-pindah. Pergerakan ArrhyMon dilakukan dengan menjauhi laptop setiap 1 meter sekali sejauh 10 meter, hingga sampai pada lab elka. Diantara jarak tersebut terdapat hambatan berupa tembok penghalang antara lab IG dengan lab elka dengan tebal $\pm 15\text{cm}$.



Gambar 10. Denah Pengujian Jarak Bluetooth dengan Hambatan

Tabel 3. Hasil Jarak Bluetooth HC-05 dengan Hambatan

Jarak(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tes Ke-										
1	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
2	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
3	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
4	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X
5	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X

Dilihat pada Tabel 3, dapat disimpulkan, pengujian pada jarak 1 meter hingga 5 meter, laptop masih dapat menerima data yang dikirim dari ArrhyMon, namun diatas jarak 5 meter laptop sama sekali tidak bisa menerima data dari ArrhyMon. Dari pengujian dapat disimpulkan bahwa modul bluetooth yang

akan diimplementasikan pada ArrhyMon dapat digunakan karena jarak maksimum yang dapat dicapai masih dalam batas jarak yang ditentukan.

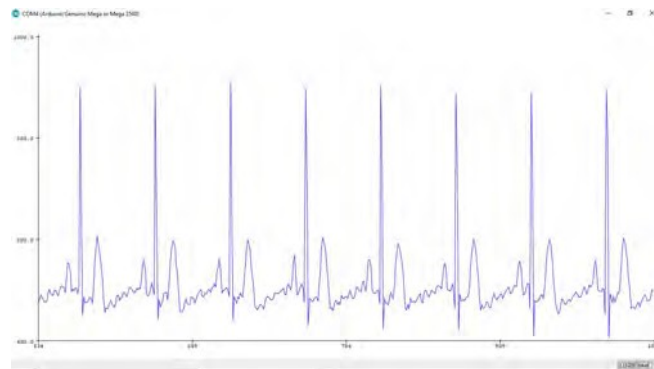
1.3. Pengujian Validasi Sistem

1.3.1. Pengujian Validasi Sistem Monitor

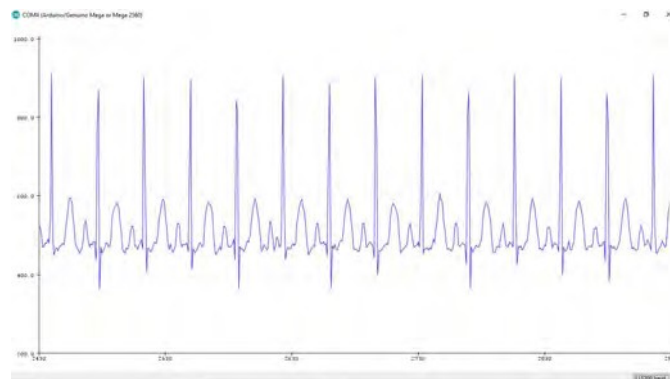
Untuk mengklarifikasi kesesuaian bentuk sinyal EKG sebelum dan setelah dikirim melalui modul bluetooth, terdapat 3 kali pengambilan data berdasarkan denyut jantung manusia normal mengikuti pengujian verifikasi pada modul sensor EKG, yaitu 40 bpm, 60 bpm dan 100 bpm.



Gambar 11. Sinyal EKG Pada Serial Plotter dengan Denyut 40 BPM



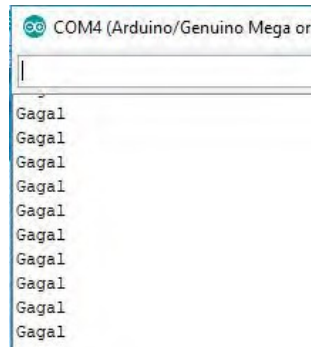
Gambar 12. Sinyal EKG Pada Serial Plotter dengan Denyut 60 BPM



Gambar 13. Sinyal EKG Pada Serial Plotter dengan Denyut 100 BPM

Kesimpulan yang didapat dari pengujian validasi sistem monitor ialah ArrhyMon dapat mengirim data sinyal EKG dan dapat diterima *receiver* dengan baik, serta ArrhyMon dapat membaca bentuk sinyal EKG dengan denyut 40 bpm hingga 100 bpm, mengacu pada denyut jantung EKG normal. Untuk pengujian Vpp dari sinyal pada osiloskop dengan sinyal yang ada pada *receiver* tidak dapat ditentukan dengan valid, hal ini disebabkan karena kurang jelasnya satuan ukuran vertikal yang ada pada grafik serial plotter. Selain itu, sinyal EKG yang dikirimkan ArrhyMon melalui bluetooth ke *receiver* dapat dikatakan sempurna, karena bentuk serta ketentuan-ketentuan dari sinyal EKG itu sendiri sesuai, dapat dimengerti dan dianalisa dokter spesialis jantung.

1.3.2. Pengujian Validasi Sistem *Error*

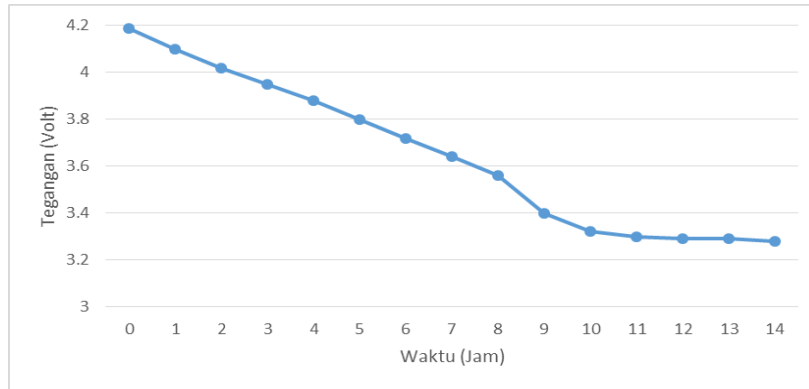


Gambar 14. Kondisi Saat Modul Sensor Mengalami *Error*

Pada Gambar 14 terdapat tulisan “Gagal” yang menandakan sistem dalam keadaan bermasalah atau *error*. Sistem akan terus memunculkan tulisan “Gagal” apabila sistem terus menerus mengalami gangguan.

1.3.3. Pengujian Validasi Sistem Catu Daya

Setelah melakukan pengukuran selama 14 kali setiap 1 jam, didapat hasil pengujian seperti Gambar 15. Berdasarkan data pengujian tersebut, disimpulkan bahwa waktu pengoperasian ArrhyMon hanya sekitar 10 jam. Selebihnya ArrhyMon sudah tidak bisa dioperasikan karena tegangan baterai yang rendah yaitu dibawah 3,3 V. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa ArrhyMon hanya dapat beroperasi selama kurang lebih 10 jam dengan kondisi alat selalu dinyalakan.



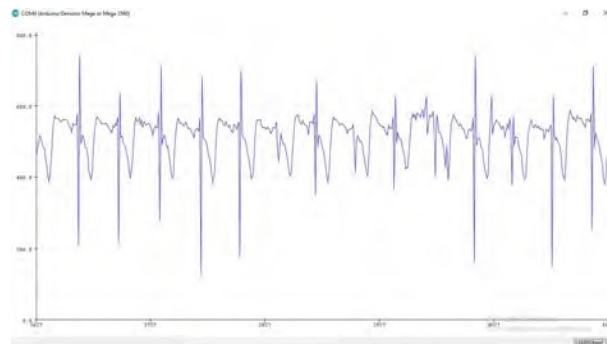
Gambar 15. Diagram Hasil Pengukuran Tegangan Baterai LiPo

1.3.4. Pengujian ArrhyMon Pada Subyek Manusia

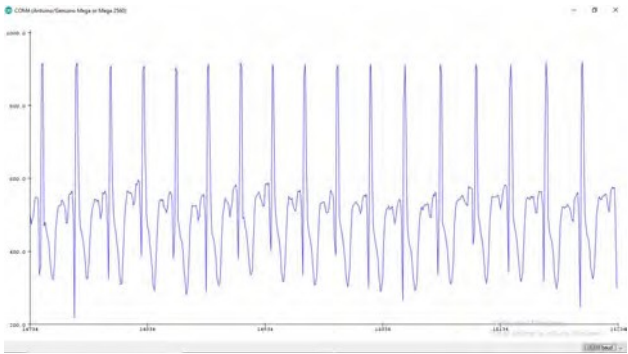
Pada pengujian ini, bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan serta kelayakan ArrhyMon untuk diimplementasikan pada manusia . Pada tahap ini, ArrhyMon akan diuji pada 5 subyek yang terdiri dari 5 laki- laki yang berumur antara 18 tahun sampai 23 tahun dengan keterangan yang berbeda-beda

Tabel 4. Keterangan Lengkap Subyek Pengujian ArrhyMon

Subyek	Jenis Kelamin	Umur	Berat Badan	Riwayat Penyakit Jantung	Kegiatan Olahraga Dalam 1 Bulan
1	Laki-Laki	22	120 Kg	Tidak Pernah	Tidak Pernah
2	Laki-Laki	18	45 Kg	Tidak Pernah	4 kali
3	Laki-Laki	20	50 Kg	Tidak Pernah	4 kali
4	Laki-Laki	23	70 Kg	Tidak Pernah	Tidak Pernah
5	Laki-Laki	22	60 Kg	Tidak Pernah	2 kali



Gambar 16. Sinyal EKG pada Subyek 1



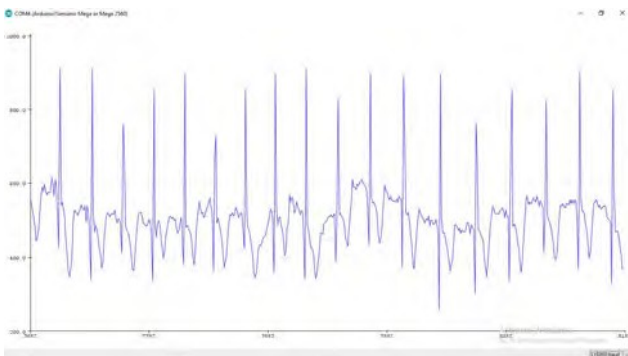
Gambar 17. Sinyal EKG pada Subyek 2



Gambar 18. Sinyal EKG pada Subyek 3



Gambar 19. Sinyal EKG pada Subyek 4



Gambar 20. Sinyal EKG pada Subyek 5

Kesimpulan dari pengujian ini ialah ArrhyMon dari segi keamanan, layak dan aman digunakan pada subyek manusia. Dikarenakan dari kelima subyek yang telah diujikan tidak menerima adanya efek samping dari penggunaan alat tersebut. Dari proses pengujian juga disimpulkan bahwa setiap subyek memiliki bentuk sinyal EKG yang berbeda-beda, bergantung terhadap jenis kelamin, umur, berat badan, dan kebiasaan hidup subyek tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan pembuatan ArrhyMon, kesimpulan yang dapat diambil ialah data sinyal yang dikirimkan ArrhyMon dengan bluetooth berjalan dengan baik dan sesuai dengan referensi sinyal EKG secara umum, namun untuk pengukuran Vpp pada *reciever* tidak dapat ditentukan karena satuan ukuran vertikal dari grafik serial plotter kurang jelas, diperlukan interface yang cocok untuk mengukur ketepatan sinyal. Dari segi pengujian jarak komunikasi tanpa hambatan, sistem komunikasi dapat berjalan dengan baik ketika tanpa hambatan. Namun pada pengujian jarak komunikasi dengan hambatan atau ada penghalang terjadi penurunan *range* jarak komunikasi. Dari pengujian catu daya terlihat bahwa terjadi perbedaan waktu pemakaian maksimum ArrhyMon dari perhitungan manual dengan pengukuran secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thaler, Malcolm S. Satu-satunya buku EKG yang Anda perlukan / penulis, Malcolm S. Thaler ; alih bahasa, Aryandhito Widhi Nugroho ; editor bahasa Indonesia, Andita Novrianti, Ginawati. - Edisi 7. - Jakarta : EGC, 2013.
- [2] Miller JM, Zipes DP. Diagnosis of cardiac arrhythmias. In: Bonnow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P, eds. Braunwald's Hearts Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 9th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2011:chap 62.
- [3] Walraven, Gail. 2011. "Basic Arrhythmias With 12-Lead EKGs". Seventh Edition. New Jersey: Pearson Education, Inc.

- [4] https://www.aliexpress.com/item/SKX-2000C-type-ECG-simulator- ECG-signal-simulator-ECG-signal-generator/32803906709.html?spm=2114.search0104.3.1.3d1471d6bQ6oge&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_1_10065_10068_5733911_319_317_10696_5733811_10084_453_10924_454_10083_10618_10920_10921_10307_10922_537_536_5733711_10059_10884_10887_100031_321_322_10103_5734011,searchweb201603_2,ppcSwitch_0&algo_expid=0118bcf1-0815-4161-8bc7-e7cca623321e-0&algo_pvid=0118bcf1-0815-4161-8bc7-e7cca623321e, diakses tanggal 25 April 2018
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Analog_front-end, diakses tanggal 25 April 2018.
- [6] Analog Device. 2012-2018. "Single-Lead, Heart Rate Monitor FrontEnd". Norwood: One Technology Way.
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328>, diakses tanggal 27 April 2018.
- [8] <http://www.electronicaestudio.com/docs/istd016A.pdf>, diakses tanggal 29 April 2018.
- [9] <https://bsierad.com/perbedaan-antara-baterai-li-ion-dan-li-polymer/>, diakses tanggal 2 Mei 2018